

# ライフサイクル関連定量モデル研究の変遷

## —既存研究の整理と今後の研究課題—

樋 口 徹

### 1. はじめに

Kuznets (1930) 以降、ビジネスの分野においても、ライフサイクルの考え方が導入され、そして様々な形で応用されてきた。定量モデルの歴史は1960年代の産業向けイノベーションの企業間の普及プロセスに関する研究 (Mansfield 1961) にまでさかのぼることができる。Bass (1969) によって耐久消費財の普及プロセスがモデル化された後、ライフサイクル関連の定量モデル研究が本格化した。

この半世紀の間にライフサイクル関連定量モデルは多様な形で発展してきた。例えば、研究対象製品には、研究の対象製品には塩振りクラッカーからトレーラーまで含まれている。さらに、研究対象期間も一日から数十年に及ぶものがある。研究対象の製品世代も特定製品世代を扱っているものから複数製品世代を扱っているものまである。モデル分析手法も決定論的なものから確率論的なものまで幅が広い。数多くの研究が多岐に渡る視点と分析手法で進められてきたのである。

しかし、このように多様な形で発展してきたライフサイクル関連定量モデルは研究の方向性が定まっていらないような印象を与えている。その理由は、ライフサイクルの対象製品と期間がモデルによって異なっているからである。例えば、「テレビなどの耐久消費財の製品のライフサイクルは短くなっているか?」という質問に対して、特定製品世代を考慮すれば「はい」と答え、ある製品群のカテゴリー全体を考慮すれば「いいえ」と答えるであろう。したがって、多様な研究上の視点を整理する枠組みの不在がライフサイクル理論の更なる発展の妨げとなっていると言える。

そこで、本稿では、ライフサイクル関連定量モデルの分類基準を提示し、既存研究の整理を行う。それによって、ライフサイクル関連定量モデルの研究の変遷を把握することができる。さらに、今後の研究課題も明らかにしていく。

## 2. 定量モデルの分類基準

本節の目的は、多様な形で展開されてきたライフサイクルに関連する定量モデルを整理する枠組みを作ることである。そのための分類基準として、以下の「製品世代進化」と「サプライチェーン内の焦点」を用いる（表1参照）。

「製品世代進化」とは、研究対象が特定製品世代に限定されているかあるいは複数製品世代を包括しているかである。これはモデルの分析期間と直結しているだけでなく、時系列製品群管理<sup>(1)</sup>に対する研究上の立場を明確にする。しかし、製品世代進化有りに分類されているものでも、製品世代間の機能や価格の違いを十分に考慮に入れず、異なる製品世代を同様に扱っているものも多数ある。このようなモデルではライフサイクルの全体像を十分説明することはできないので、本研究では、製品世代進化有りを明確に表現しているものと曖昧にしているものに細分化する。

「サプライチェーン内の焦点」とは研究がサプライチェーンのどの活動に焦点を当てているかである。サプライチェーンの活動には多様な活動が含まれるが、サプライチェーン内の活動を市場、製造・調達<sup>(2)</sup>、流通に3分割して議論を進める。市場活動の主要部分は普及プロセスや消費者行動である。市場活動に焦点を当てている研究では、消費者が小売店に行けばいつでも購入できる状態を想定していて、消費者行動と売上推移に関心が集まっているものが多い。次に、製造・調達は供給量・品質・価格の水準を決定し、需要の水準を上下させる働きをする。製造・調達活動に焦点を置いている研究の特徴は、関連する市場および流通活動を断片的に包括している点である。最後の流通は、製造場所と消費場所の物理的距離を埋める活動である。流通に焦点を置く研究は、柔軟な生産能力を前提として、精度の高い需要予測や効果的な情報システムの活用を通して最適な在庫・生産計画を立案・実行し、それによって売上あるいは利益の増加を目的としている。

表1：ライフサイクルに関連する定量モデルの分類基準

		製品世代進化		
		無 (特定世代)	有 (複数世代)	
			曖昧	明確
サプライチェーン 内の焦点	市場			
	製造・調達			
	流通			

### 3. 定量モデルの分類と概観

上記の分類基準に基づいて、ライフサイクルに関連する定量モデルを含む既存研究を3列3行の9つの領域に分類したのが表2である。全体的傾向として、ほとんどの研究が上段（領域1・2・3）あるいは左列（領域1・4・7）に位置している。その他では、中段中央（領域5）に位置する既存研究が若干存在するだけである。残りは研究上の空白領域（領域6・8・9）となっている。

表2：分類基準に基づいたライフサイクルに関する定量モデルの分類

		製品世代進化		
		無	有（曖昧）	有（明確）
市場 サブ ライ チ エ ー ン 内 の 焦 点	市場	<div>1</div> <div>【全ライフサイクル期間】</div> <div>Robinson &amp; Lakhani (1975)</div> <div>{Bass・経験曲線効果追加}</div> <div>Kalish (1985)</div> <div>{Bass・広告効果追加}</div> <div>Cohen et al. (2000)</div> <div>{Bass・最適在庫に活用}</div> <div>Weng &amp; McClurg (2003)</div> <div>{Newsboy Model・情報共有効果}</div> <div>Slikker et al. (2006)</div> <div>{Newsboy Model・小売価格調整}</div> <div>【一部期間】</div> <div>Heisen &amp; Schmittlein (1993)</div> <div>{確率モデル・需要予測比較}</div> <div>Haldrup &amp; Rao (1998)</div> <div>{確率モデル・需要予測比較}</div> <div>Fixon (2006)</div> <div>{指標作成・製品性能の評価}</div>	<div>2</div> <div>【一部期間】</div> <div>Mansfield (1961)</div> <div>{普及プロセス}</div> <div>【全ライフサイクル期間】</div> <div>Rogers (1962)</div> <div>{消費者の分類と分布}</div> <div>【ほぼ全ライフサイクル期間】</div> <div>Bass (1969・1980)</div> <div>{普及に関する標準モデル}</div> <div>【ほぼ全ライフサイクル期間】</div> <div>McIntyre (1988)</div> <div>{S字・潜在需要の拡大}</div> <div>Chandrasekharan &amp; Sinha (1995)</div> <div>{尤度関数・新規と最初のリピート購買}</div> <div>Kohli et al. (1999)</div> <div>{Bass・開発期間と採用率の推移に活用}</div> <div>【一部期間】</div> <div>Weerahandi &amp; Dalal (1992)</div> <div>{尤度関数・顧客の選択モデル}</div>	<div>3</div> <div>【一部期間】</div> <div>Fisher &amp; Pry (1971)</div> <div>{S字・新製品採買率の推移}</div> <div>Blackman (1974)</div> <div>{S字・新旧世代のシェア推移}</div> <div>【ほぼ全ライフサイクル期間】</div> <div>Foster (1986)</div> <div>{S字曲線・世代間性能比較}</div> <div>【ほぼ全ライフサイクル期間】</div> <div>Norton &amp; Bass (1987)</div> <div>{Bass・世代進化を追加}</div> <div>Shintaku (1990)</div> <div>{無差別曲線・製品進化と市場}</div> <div>Speece &amp; MacLachlan (1995)</div> <div>{Bass・新世代への切替}</div> <div>Sohn &amp; Lim (2007)</div> <div>{Bass・顧客との情報共有効果に活用}</div> <div>【一部期間】</div> <div>Lim &amp; Tang (2006)</div> <div>{決定論的・複数世代並存時の価格設定}</div>
	製造・調達	<div>4</div> <div>【全ライフサイクル期間】</div> <div>Paich &amp; Sterman (1993)</div> <div>{Bass・SD・ブーム後の収束}</div> <div>Higuchi &amp; Troutt (2004)</div> <div>{Bass・SD・製造能力拡張ラグ}</div> <div>Kamath &amp; Roy (2007)</div> <div>{Bass・SD・製造能力拡張ラグ}</div> <div>Krinsky &amp; Palar (1989)</div> <div>{決定論的・ライフサイクルの長さと生産力}</div> <div>【一部期間】</div> <div>Klimenko (2004)</div> <div>{均衡モデル・ライフサイクル初期近接立地}</div> <div>Kim &amp; Park (2007)</div> <div>{決定論的・ライフサイクル終了後の保証}</div>	<div>5</div> <div>【ほぼ全ライフサイクル期間】</div> <div>Gaimon &amp; Singhal (1992)</div> <div>{決定論的・短命ライフサイクルと柔軟な生産体制}</div> <div>Bollen (1999)</div> <div>{Bass・確率モデル・製造能力の決定}</div>	<div>6</div>
	流通	<div>7</div> <div>【全ライフサイクル期間】</div> <div>Geyer (2007)</div> <div>{Bass・売残と中古リサイクル}</div> <div>【一部期間】</div> <div>Parlar &amp; Weng (1997)</div> <div>{Newsboy Model・卸売期間調整}</div> <div>Taylor (2001)</div> <div>{決定論的・LC終盤の利益確保}</div> <div>Angelus &amp; Poretus (2002)</div> <div>{確率モデル・卸売期間の調整}</div> <div>Weng &amp; Parlar (2005)</div> <div>{確率モデル・通販の増引効果}</div>	<div>8</div>	<div>9</div>

表2の上段（領域1・2・3）の研究は製品の普及過程に重点を置いているものである。研究の前提として、流通・製造・調達活動は需要に見合うように適切に行われるものと仮定している。表2の左列（領域1・4・7）は特定製品世代に絞込みをしている研究である。それによって、研究上の焦点を市場活動以外の製造・調達や流通に置くことが可能となっている。市場および製造・調達分野での研究が進んだことによって、近年一番注目を集めているのが流通活動である。

定量モデルの大きな流れは、まず市場に注目した製品世代進化を曖昧な形で包括した研究（領域2）から始まり、製品世代進化を明確にした研究（領域3）と特定製品世代の動向を明確に説明する研究（領域1）へと発展した。そして、製造・調達活動に焦点を置く研究では、特定製品世代に絞り込んだ研究（領域4）や曖昧な形で製品世代進化を含む研究（領域5）が進められた。その後、製品世代を絞りながら、流通に焦点を置く研究（領域7）が行われた。以下、その順序で各領域の既存研究を要約する。

領域2の研究は、Mansfield（1961）とRogers（1962）の先駆的な研究から始まった。Mansfield（1961）では、特定期間（数十年）での産業向け12のイノベーションの普及に関する研究が進められた。そこでは、ある時点の未採用率に影響を及ぼすのは、当該時点までの採択率、採択により得られる利益、費用であるとしている。Rogers（1962）は、消費者を新規購買の時期によって5分類した研究である。消費者の新規購買に関する確率密度関数は正規分布に従うものとして、図1のように標準偏差を用いて消費者をInnovator（革新者）、Early Adopter（前期採用者）、Early Majority（前期大衆）、Late Majority（後期大衆）、Laggards（採用遅滞者）に5分類している。この分布に基づく分類は結果として普及に関する研究の間で広く受け入れられている。Bass（1969）はこの両研究を統合・改良し、普及プロセスを自発的な採用と模倣による採用から説明するバス・モデルを構築した。さらに、Bass（1980）では経験曲線効果を追加する形で改良が加えられた。

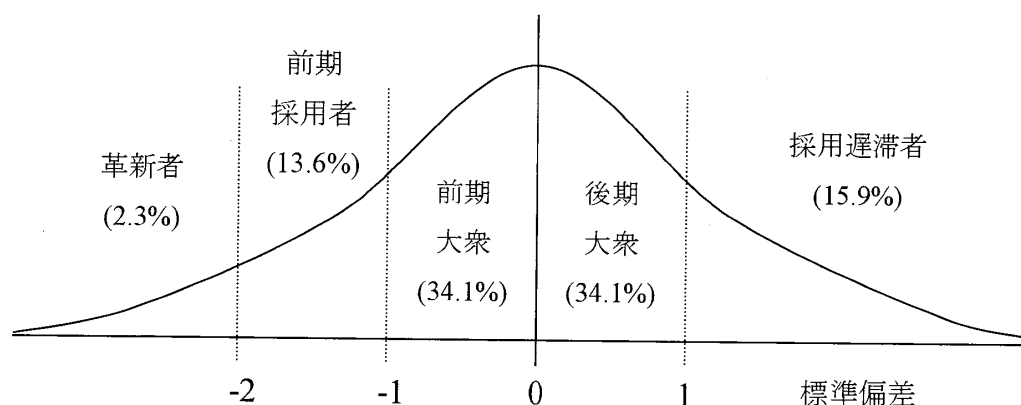


図1 消費者のタイプとその分布

Rogers（1962）

Bass (1980) 以降の領域 2 では、研究の中心がモデルの構築からモデルの活用へと変わった。McIntyre (1988) は後述する領域 3 で発展した S 字曲線の考え方をを用いて自動車と PC に関する潜在需要の拡大を説明している。Weerahndi & Dalal (1992) と Chandrashekar & Sinha (1995) は尤度関数を活用したものである。前者は、法人向け FAX に関して、特定期間内の普及プロセスに限定した顧客選択モデルを構築してシミュレーションしている。後者は、法人向け PC に関する需要の変化を新規購買と最初のリピート購買の時期は標準正規分布に従うものとして分析している。Kohli et al. (1999) は、32 の家電製品に関して、開発期間の長さとの採用のピークまでの所要時間について研究している。

領域 3 の研究は、領域 2 では軽視されていた製品世代進化を明確に取り入れたものである。この領域には、S 字曲線を活用したものとバス・モデルを発展させたものがある。S 字曲線を活用した初期の研究は Fisher and Pry (1971) と Blackman (1974) である。彼らは、Rogers (1962) の消費者のタイプとその分布を時系列的に表現する S 字曲線を用いて、2 製品世代間の世代交代を採用率あるいはシェアの推移から説明している。Foster (1986) では技術革新に重点を置きながら、複数製品世代の性能向上の状況を図 2 のような S 字曲線を用いて時系列的に説明している。領域 3 におけるもうひとつの代表的な研究は Norton and Bass (1987) である。この研究は領域 2 で発展したバス・モデルに領域 3 の Fisher and Pry (1971) および Blackman (1974) の研究成果を組み合わせたもので、製品世代進化と市場拡大について説明したものである。

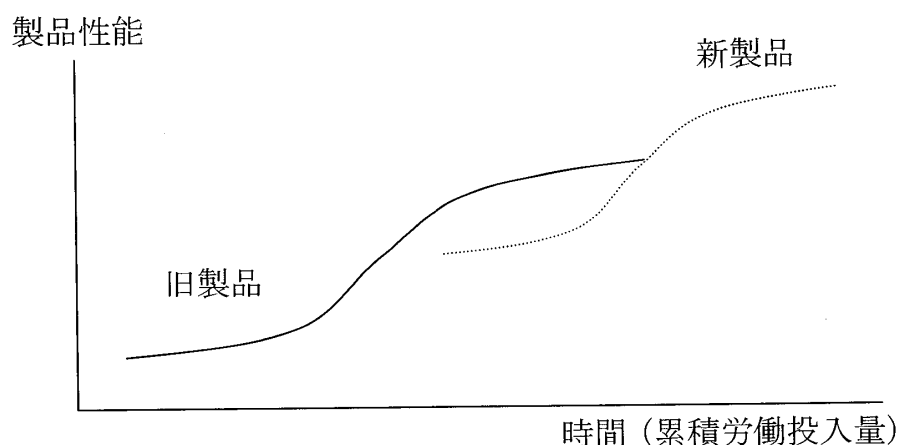


図 2 製品性能の進化

Foster (1986) p.102

Norton and Bass (1987) 以降の領域 3 の研究では、Norton and Bass (1987) の影響を強く受けたものが多い。Speece & MacLachlan (1995) は牛乳容器の世代交代に関してバス・モデルを用いて説明している。Sohn & Lim (2007) は、DRAM の新旧世代交代に

関するバス・モデルを構築し、顧客との情報共有が経営に及ぼす効果をシミュレーションしている。それに対して、バス・モデル以外のモデルにはShintaku (1990) とLim & Tang (2006) がある。Shintaku (1990) は、電卓に関して、価格と性能に関する無差別曲線を作成して、製品世代進化と市場の拡大を分析している。Lim & Tang (2006) は、需要関数と費用関数を仮定して、新製品への切り替えに際して、利益が最大化するような動的価格設定について研究している。Lim & Tang (2006) では、期間を既存製品のみの時期、既存製品と新製品が共存している時期、新製品のみの時期の3期に区分けしている。

領域1の研究は、特定製品世代の市場活動に焦点を当てたものである。対象製品世代を絞りこむことで、影響を及ぼす要因の数も減り、より精緻な議論が可能となる。さらに、研究対象期間が短くなることによって、社会・技術環境および消費者の構成の変化を考慮する必要がなくなる。Robinson & Lakhani (1975) では、半導体の事例に基づきながら、バス・モデルに経験曲線効果を加えて、最適価格設定に関する分析を行っている。Kalish (1985) は、意思決定の際の不確実性を考慮して、バス・モデルに広告効果を追加した。

Kalish (1985) 以降の領域1の研究は、各種モデルを活用したものが中心になった。Cohen et al. (2000) では、在庫費用の削減を目的として、バス・モデルを活用した正確な需要予測と最適な在庫政策について研究が進められている。Weng & McClurg (2003) とSlikker et al. (2005) は新聞売り子問題を応用している。Weng & McClurg (2003) は、将来需要と納入時間の不確実性の悪影響を弱めるために、顧客と販売者との情報共有の重要性を指摘している。Slikker et al. (2005) では、新聞売り子問題にゲーム理論を追加して、小売業者間の調整による利益の増加についてシミュレーションを行っている。領域1では特定製品世代に限定しているので、全ライフサイクル期間を対象としているものが多いが、その中には一部期間のみを扱っているものも複数ある。Helsen & Schmittlein (1993) とHaldar & Rao (1998) では、確率モデル間の特定時点の需要予測の精度について比較がなされている。Helsen & Schmittlein (1993) では、塩振りクラッカーに関して、数ヶ月程度の需要予測をハザード・レート・モデル、ロジット・モデル、プロビット・モデルで行い、ハザード・レート・モデルが優れているとしている。Haldar & Rao (1998) では、13の家電製品に関して消費者の追跡調査を行い、新規購買時期を横軸とする消費者の分布をガンマ分布やワイブル分布などを用いて精度を比較し、一般ガンマ分布が適しているとしている。Fixon (2005) は、テレーラーに関する事例研究を通して、特定時点での製品性能を評価する指標を作成している。

領域4以降の研究では既存モデルの適用が中心となるので、ライフサイクルに関する汎

用的かつ革新的な研究はなされていない。したがって、これ以降の説明はライフサイクルの対象期間が全ライフサイクル期間か一部期間かで機械的に分けする。

領域4の研究は、特定製品世代を研究対象としていて、その研究上の焦点が製造・調達活動に置かれている。全ライフサイクル期間を対象としている研究は、需要部分にバス・モデルを活用して、製造設備の調整ラグを考慮した利益の推移をシミュレーションしているものが多い。Krinsky & Palar (1989) は、ライフサイクルの期間に応じた最適な生産能力水準を決定論的に求めている研究である。それ以降はツールとしてシステム・ダイナミクスを用いているものが主流となる。例えば、Paich & Sterman (1993) はブーム後に経営破たん陥るケースを例証し、Higuchi & Troutt (2004) はタマゴっちTMの事例を用いてサプライチェーン内のブルウィップ・イフェクトとショーテージ・ゲームの複合効果をシミュレーションし、Kamath & Roy (2007) は架空の事例を用いて生産設備製造ラグおよびその影響についてモデル化している。これらの3つの研究には、需要部分にバス・モデルを適用している点も共通している。

それに対して、ライフサイクルの一部期間を対象とする研究は、全ライフサイクル期間の一部を断片的あるいは固定的に捕らえる傾向がある。Klimenko (2004) は均衡モデルを用いてライフサイクルの初期段階の立地の近接性について説明している。Kim & Park (2007) は、携帯電話の事例を基にして、ライフサイクル終了後の適切な保証期間について研究している。

領域5の研究は、複数世代を研究対象とし、製造・調達活動に焦点を置いている。しかし、実態は領域4に近いものである。その理由は、複数世代を対象としているにもかかわらず、同じ設備で製造できることを前提としているからである。領域5の2つの研究とも全ライフサイクル期間を対象としているが、違いは需要構造にある。Bollen (1999) の需要構造はバス・モデルを用いているが、Gaimon & Singhal (1992) の需要構造は緩やかに上昇した後、激減すると想定している。

表2で示しているように、領域5の研究の中でライフサイクルの一部期間に限定しているものは見当たらない。その理由として、製品世代進化を曖昧にしている領域5自体の必要性が薄いことに加えて、固定費用である製造設備を包括しているのに期間を限定してしまうと意味がなくなるからである。したがって、研究対象としてあまり重要でないのも、該当研究が不在でも不思議ではない。

領域7の研究は、特定製品世代を研究対象としていて、研究の焦点を流通活動に置いている。流通活動自体はあまりライフサイクルの影響を受けないので、全ライフサイクル期間を分析対象とする必要性は少なくなる。したがって、Geyer (2007) のように、全ライフサイクル期間を対象として、バス・モデルを活用したコピー機のリサイクルについてモデル化している研究は稀有な存在である。

領域7で一部期間に限定しているものは全ライフサイクル期間を対象としているものより多くなる。その背景には、近年、生産部門と供給業者の部門間調整を重要視している研究が盛んに行われていることがある。Parlar & Weng (1997) では、ライフサイクルが短くなっているとの認識の下で、生産能力を設定する際の部門間調整の効果について新聞売り子問題を用いて説明している。Taylor (2001) では、ハイテク産業の事例を基にして、ライフサイクルの中盤と終盤における利益確保に部門間調整がいかに有効であるかを決定論的な手法を用いて例証している。Angelus & Poreteus (2002) では、半導体の事例を基にして、最適生産能力の設定と最適生産計画の実施には、部門間の調整が有効であることを確率モデルによって説明している。部門間調整の有効性以外について研究しているものには、Weng & Parlar (2005) のように、アパレルの通信販売を例に値引きによる消費者行動の変化と利益の変化についてシミュレーションしているものもある。

#### 4. 定量モデルの空白領域と研究課題

表2の中で研究上の空白領域となっているのが、領域6と領域8・9（中段右と下段中央・右）である。この中で、領域8・9はあまり研究上重要ではない。なぜなら、長期の流通活動の変化を説明するのに、複数製品世代を考慮した既存のライフサイクル理論はあまり適していないからである。特定製品世代進化によって流通システムが大きく変化するのは特殊な事例であり、そのような変化が起こる際にも、流通を取り巻く技術・社会環境の変化が前提となる。

領域6（中段右）の研究は、製品世代進化と製造・調達活動の変化を同時に扱うものである。研究上の価値は非常に高い。しかし、依然として研究上の空白領域となっている。その理由は、製品世代進化と製造・調達活動の変化がそれぞれ固有の複雑さを包括していて、さらにそれらを組み合わせていることからである。それ以外にも、両者の研究の方向性にも問題がある。製品世代進化関連の研究では、市場と技術側面のみが重要視されており、それを支える製造・調達が軽視されている。そして、製造・調達関連の研究では、効率的なオペレーションに研究上の焦点が当てられている場合が圧倒的に多い。したがっ



て、領域6は今後の重要な研究課題となる。

領域6に至る理論上の研究経路は、領域2→3→6あるいは2→1→4(→5)→6である。両経路ともに、領域2を基礎としている点は共通である。しかし、製品世代が進化する際には、製造・調達活動もそれに応じて変化するもので、逆ではない。したがって、前者の経路を採用するのが妥当であろう。その際でも、領域1から領域4への発展プロセスは、領域3から領域6への発展に有意義な示唆を与えるであろう。

〈注〉

- (1) 時系列製品群管理とは、ある製品群に属する複数製品世代の全ライフサイクル期間において、消費者および技術の動向を考慮して、新製品世代の基本性能・機能・価格・投入時期と販売する各製品世代の品揃えを管理する活動を指す。市場には、複数製品世代が一時的あるいは恒常的に存在する。新製品世代を投入する際には、性能向上や機能付加などの製品革新を伴い、その販売価格帯は工程革新と市場の動向を見ながら決定される。当然、消費者ごとに購買形態とその時期は大きく異なる。時系列製品群管理では、技術の動向に加えて、消費者の購買行動を予測しながら市場で販売する製品の性能・機能・価格を決定する。
- (2) 製造と調達を一体として扱っているのは、両者の関係は非常に緊密であるからである。同期化が著しく進んでいるので、生産計画に基づいて調達が行われる。

〈参考文献〉

- Abernathy, W. J. (1978) . *The productivity dilemma*. Baltimore, MD: The John Hopkins University Press.
- Abernathy, W. J, Clark, K.B., & Kantrow, A.M. (1983) . *Industrial renaissance*. New York, NY: Basic Books.
- Angelus, A., & Porteus E. L. (2002) . Simultaneous Capacity and Production Management of Short-Life-Cycle, Produce-to-Stock Goods Under Stochastic Demand. *Management Science* 48 (3) , 399-413.
- Bass, F. M. (1969) . A new product growth model for consumer durables. *Management Science* 15 (5) , 215-227.
- Bass, F. M. (1980) . The Relationship between Diffusion Rates, Experience Curves, and Demand Elasticities for Consumer Durable Technological Innovations. *Journal of Business* 53 (3) , s51-s67.
- Blackman, W. A. (1974) .The Market Dynamics of Technological Substitutions. *Technological Forecasting and Social Change* 6, 41-63.

- Chandrashekar, M., & Sinha R. (1995) . Isolating the Determinants of Innovativeness. *Journal of Marketing Research* 32, 444-456.
- Cohen, M. A., Ho, T. H., & Matsuo, H. (2000) . “Operation Planning in the Presence of Innovation-Diffusion Dynamics,” in Mahajan, V., Muller, E. & Wind, Y. (eds) . *New-Product Diffusion Models*, 237-259. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Doyle, P. (1976) . The realities of the product life cycle. *Quarterly Review of Marketing, Summer*, 1-6.
- Dunning, J. H. (1988) . *Explaining international production*. London, UK: Unwin Hyman.
- Fisher, J. C., & Pry, R. H. (1971) . A Simple Substitution Model of Technological Change. *Technological Forecasting and Social Change* 3, 75-88.
- Fixon, S. (2005) . Product Architecture Assessment. *Journal of Operations Management* 23, 345-369.
- Geyer, R., Wassenhove, L. N. V., & Atasu, A. (2007) . The Economics of Remanufacturing under Limited Component Durability and Finite Product Life Cycles. *Management Science* 53 (1) , 88-100.
- Gaimon, C., & Singhal, V. (1992) . Flexibility and the Choice of Manufacturing Facilities under Short Product Life Cycles. *European Journal of Operational Research* 60, 211-223.
- Haldar, S., & Rao, V. (1998) . A Micro-Analytic Threshold Model for the Timing of First Purchases of Durable Goods. *Applied Economics* 30, 959-974.
- Helsen, K., & Schmittlein, D. C. (1993) , Analyzing Duration Times in Marketing: Evidence for the Effectiveness of Hazard Rate Models. *Marketing Science* 11 (4) , 395-414.
- Higuchi, T., & Troutt, M. D. (2004) . A Dynamic Method to Analyze Supply Chains with Short Product Life Cycle. *Computers & Operations Research*, 31 (6) , 1097-1114.
- Kalish, S. (1985) . A New Product Adoption Model with Price, Advertising, and Uncertainty. *Management Science* 31 (12) , 1569-1588.
- Kamath, N. B., & Roy, R. (2007) . Capacity Augmentation of a Supply Chain for a Short Lifecycle Product. *European Journal of Operational Research* 179, 334-351.
- Kim, B., & Park, S. (2007) . Optimal Pricing, EOL (End of Life) Warranty, and Spare Parts Manufacturing Strategy Amid Product Transition. *European Journal of Operational Research* Forthcoming. (Available online May 1, 2007)
- Klimenko, M. M. (2004) . Competition, Matching, and Geographical Clustering at Early Stages of the Industry Life Cycle. *European Journal of Operational Research* 56, 177-195.
- Krinsky, I., & Parlar, M. (1989) . Optimal Plant Size with Variable Cost and Revenue Streams. *European Journal of Operational Research* 43, 78-87.
- Kohli, R., Lehmann, D., & Pae, J. (1999) . Extent and Impact of Incubation Time in New Product

- Diffusion. *Journal of Product Innovation Management* 16, 134-144.
- Kotler, P. (1999) . *Marketing management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kuznets, S. (1930) . Equilibrium Economics and Business Cycle Theory. *Quarterly Journal of Economics* 44, 381-415.
- Levitt, T. (1965) . Exploit the product life cycle. *Harvard Business Review*, 43, 81-94.
- Lim, W. S., & Tang, C. S. (2006) . Optimal Product Rollover Strategies. *European Journal of Operational Research* 174, 905-922.
- Mansfield, E. (1961) . Technical Change and the Rate of Imitation. *Econometrica* 29 (4) , 741-766.
- McIntre, S. H. (1988) . Perspective Market Adaption as a Process in the Product Life Cycle of Radical Innovations and High Technology Products. *Journal of Product Innovation Management* 5, 140-149.
- Moore, G. A. (1991) . *Crossing the chasm*. New York, NY: Harper Business.
- Moore, G. A. (2005) . *Dealing with darwin*. New York, NY: Portfolio.
- Norton, J. A., & Bass, F. M. (1987) . A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-technology Products. *Management Science* 33 (9) , 1069-1086.
- Paich, M., & Sterman, J. D. (1993) . Boom, Bust, and Failures to Learn in Experimental Markets. *Management Science* 39 (12) , 1439-1458.
- Parlar, M., & Weng K.Z. (1997) . Designing a Firm' s Coordinated Manufacturing and Supply Decisions with Short Product Life Cycles. *Management Science* 43 (10) , 1329-1344.
- Robinson, B., & Lakhani. C. (1975) . Dynamic Price Models for New-product Planning. *Management Science* 21 (10) , 1113-1122.
- Rogers, E. M. (1962) . *Diffusion of innovations*. New York, NY: The Free Press.
- Shintaku, J. (1990) . Technological Innovation and Product Evolution. *Gakushuin Economic Papers* 26 (3) , 53-67.
- Slikker, M., Fransoo, J., & Wouters, M. (2005) . Cooperation Between Multiple News-vendors with Transshipments. *European Journal of Operational Research* 167, 370-380.
- Sohn, Y. S., & Lim, M. (2008) . The Effect of Forecasting and Information Sharing in SCM for Multi-Generation Products. *European Journal of Operational Research* 186, 276-287.
- Speece, M. W., & Maclachlan, D L. (1995) . Application of a Multi-Generation Diffusion Model to Milk Container Technology. *Technological Forecasting and Social Change* 49, 281-295.
- Taylor, T. A. (2007) . Channel Coordination Under Price Protection, Midlife Returns, and End-of-Life Returns in Dynamic Markets. *Management Science* 47 (9) , 1220-1234.
- Utterback, J. M. (1994) . *Mastering the dynamics of innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

- Vernon, R. (1966) . International investment and international trade in the product cycle. *Quarterly Journal of Economics* 80 (1) , 190-207.
- Vernon, R. (1977) . *Storm over the multinationals*. Boston, MA: Harvard University Press.
- Weerahandi, S., & Dalal, S. R. (1992) . A Choice-Based Approach to the Diffusion of a Service. *Marketing Science* 11 (1) , 39-53.
- Weng, K. Z., & McClurg, T. (2003) . Coordinated Ordering Decisions for Short Life Cycle Products with Uncertainty in Delivery Time and Demand. *European Journal of Operational Research* 151, 12-24.
- Weng, K. Z., & Parlar M. (2005) . Managing Build-to-Order Short Life-Cycle Products. *Journal of Operations Management* 23, 482-495.
- 電子情報技術産業協会 (2007)、『民生用電子機器データ集 (CD - ROM)』、電子情報技術産業協会。

ひぐち・とおる (本学部准教授)

Toru Higuchi:

Life Cycle Models in Business: A Review and Direction for Research